

Bardzo, bardzo lepka ciecz – pak

Lepkość

Lepkość związana jest z siłami tarcia. Gdy jedna warstwa cieczy porusza się względem drugiej, ta wolniejsza jest pociągana przez szybszą, a szybsza hamowana przez wolniejszą. Lepkość cieczy objawia się również tym, że ciało poruszające się w cieczy lub gazie jest hamowane. To różnice lepkości są przyczyną tego, że różne cieczki z różną szybkością wylewają się, np. przez lejek, z jakiegoś naczynia. Pomiar czasu opróżniania naczynia służy do pomiaru lepkości.

Woda i alkohol to cieczki o małej lepkości. Bardziej lepka jest gliceryna i syrop. Do lepkich cieczy należy też miód. Ze znanych wam cieczy znacznie bardziej lepka jest smoła. To są nasze obserwacje z życia. Dla fizyka i inżyniera taki opis jest dalece niewystarczający. Potrzebujemy ścisłej definicji i metody pomiaru, tak aby mieć ilościowe metody porównywania lepkości różnych cieczy (i gazów, bo gazy też mają lepkość).

Do ilościowego określenia lepkości cieczy służy tak zwany **współczynnik lepkości**. Czasami dla wygody podaje się względny współczynnik, najczęściej względem wody. I tak, jeśli woda ma współczynnik lepkości 1, to miód ma już

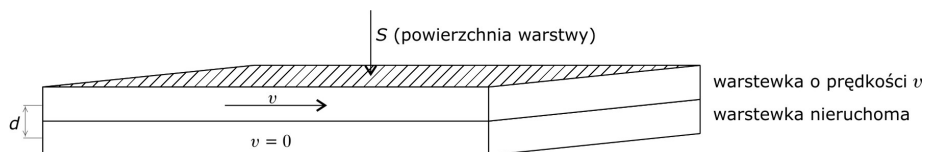
około 1000, smoła 10^{10} , zaś powietrze tylko 10^{-3} . Podane liczby są orientacyjne, ponieważ współczynniki lepkości zależą od temperatury (każdy, kto jada miód, to wie) i rodzaju substancji.

W celu uproszczenia opisu ruchów cieczy często rozważa się **ciecze idealne**. Nie mają one lepkości i są nieściśliwe (to oczywiście nie dotyczy gazów).

W wielu przypadkach wodę można uznać za ciecz idealną. Niektóre ciecze, jak np. tak zwany hel II, przy bardzo niskich temperaturach, bliskich zera bezwzględnego, tracą lepkość. Mamy wtedy do czynienia z **nadciekłością**.

Współczynnik lepkości

Wyobraźmy sobie dwie cieniutkie warstwy cieczy jedna na drugiej. Niech dolna spoczywa, a druga porusza się po spoczywającej z szybkością v . Pomiędzy nimi występuje siła tarcia, inaczej mówiąc, aby pociągnąć wyższą warstwę trzeba zadziałać siłą równoważącą to tarcie. Siła ta jest proporcjonalna do powierzchni znajdujących się na sobie warstw S (inaczej niż tarcie między ciałami stałymi!), proporcjonalna do względnej szybkości warstw v (im szybciej warstwy się po sobie przesuwają, tym siła większa) i odwrotnie proporcjonalna do pionowej odległości warstw d , prostopadłej do kierunku ruchu. Współczynnik proporcjonalności μ charakteryzujący płyny nosi nazwę **współczynnika lepkości**.



$$F = \frac{\mu \cdot S \cdot v}{d}$$

Jednostką współczynnika lepkości w układzie SI jest paskal (Pa) · sekunda, co daje wymiar kilogram · metr⁻¹ · sekunda⁻¹

$$[\mu] = \text{Pa} \cdot \text{s} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}, \quad \text{gdzie} \quad \text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Współczynniki lepkości wybranych substancji:

- | | |
|--------------------------|---|
| • Woda (0°C) | $1,79 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ |
| • Woda (25°C) | $0,89 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ |
| • Woda (100°C) | $0,28 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ |
| • Gliceryna (25°C) | $934 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ |
| • Miód | 2 do 10 Pa·s |
| • Alkohol etylowy (25°C) | $1,07 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ |
| • Rtęć (20°C) | $1,554 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ |
| • Smoła (20°C) | $10^7 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ |
| • Krew (37°C) | $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ |
| • Powietrze (0°C) | $17,08 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ |
| • Wodór (0°C) | $8,35 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ |
| • Wodór (827°C) | $21,37 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ |

Współczynniki lepkości gazów rosną wraz ze wzrostem temperatury, zaś cieczy maleją. Pomiar współczynnika lepkości można wykonać nawet w domu. Stanisław Bednarek opisał doświadczenie (*Delta*, sierpień 2008; *Foton* 122), w którym można wykonać pomiary współczynnika lepkości np. oleju.

Pak – bardzo lepka ciecz

Pak, pozostałość po destylacji smoły pogazowej, to bardzo lepka ciecz, która wypływa kroplami z naczynia całymi latami. Pak jest czarny i szklisty, ma gęstość około $1,3 \text{ g/cm}^3$. Jego lepkość jest około $2,3 \cdot 10^{11}$ większa od lepkości wody. Na ilustracji (źródło: Wikipedia) pokazane jest urządzenie do pomiaru lepkości paku.

Ostatnio prasa doniosła z emfazą o „najdłużej trwającym eksperymencie świata”. Chodziło właśnie o upadek kropli paku, która spadła 11 lipca 2013 roku w Trinity College w Dublinie. To ósma kropla od początku trwania eksperymentu, czyli od 1944 roku. W Internecie na YouTube można zobaczyć upadek kropli (hasło: Pitch-Tar Drop, School of Physics, Trinity College Dublin).

Dziedziną nauki zajmującą się badaniami lepkości jest **reologia**. Pomiary lepkości prowadzi się na wiskozymetrach i reowiskozymetrach. Przemysł jest bardzo zainteresowany pomiarami lepkości na przykład olejów smarujących i zależnością współczynników lepkości od temperatury.



Eksperyment w Trinity Collage